

**POLA PERUBAHAN K-VALUE dan ORP
IKAN CAKALANG (*Katsuwonus pelamis*) PADA PENYIMPANAN SUHU RENDAH
($\pm 11^{\circ}\text{C}$)**

Ima Wijayanti* Fronthea Swastawati* Tri Winarni Agustini*

ABSTRAK

Kesegaran ikan merupakan hal yang sangat penting dalam menentukan keseluruhan mutu daripada suatu produk perikanan. K-value dan ORP merupakan salah satu metode penentu kesegaran secara kimia dan fisiko kimia. Kecepatan ikan membusuk terutama dipengaruhi suhu. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perubahan K-value dan ORP serta pola perubahannya pada penyimpanan suhu rendah ($\pm 11^{\circ}\text{C}$) menggunakan refrigerator dari Ikan Cakalang.

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Hasil Perikanan FPIK Universitas Diponegoro Semarang dan Pusat Antar Universitas Pangan dan Gizi UGM Yogyakarta. Materi yang digunakan dalam penelitian adalah Ikan Cakalang segar. Metode penelitian adalah eksperimental laboratorium yang bersifat deskriptif eksploratif. Penentuan K-value menggunakan metode Ion Exchange Chromatografi yang dibaca dengan spektrofotometri. Oksidasi Reduksi Potensial (ORP) diukur berdasar metode Okouchi *et al* (1965) dengan menggunakan elektrometer (pH meter TPX 90I) dimana memiliki dua elektrode yaitu elektroda platinum untuk mengukur ORP dan elektroda glass untuk mengukur pH.

Hasil penelitian menunjukkan K-value awal pada penyimpanan suhu rendah ($\pm 11^{\circ}\text{C}$) Ikan Cakalang 21,90 %. K-value Ikan Cakalang turun pada hari ke-10 yaitu dari 51,58 % menjadi 43,73 %. Pada penyimpanan suhu rendah nilai ORP Ikan Cakalang naik dari kondisi awal yaitu 0,22 Volt menjadi 0,25 dan 0,26 volt pada penyimpanan hari ke-2 dan ke-3 kemudian turun menjadi 0,24 hingga - 0,23 volt pada hari ke-10. Nilai ORP negatif dicapai Ikan Cakalang pada hari ke-8. Nilai pH Ikan Cakalang di bawah netral (7) pada semua pengukuran. Pada penyimpanan suhu rendah Ikan Cakalang mempunyai pH awal 5,8 dan pH akhir 6,42. Pola Hubungan K-value dan ORP pada penyimpanan suhu rendah ORP naik kemudian turun bersamaan dengan kenaikan K-value.

Kata kunci : Suhu penyimpanan, K-value, ORP, Ikan Cakalang (*Katsuwonus pelamis*)

* Staf Pengajar FPIK Universitas Diponegoro

ABSTRACT

Fish freshness plays an important role in determining quality of fisheries product. K-value and ORP are one of chemical and physico chemical method of freshness. The fish deterioration mainly affected by temperature. This study has purposes to know the change of K-value and ORP rates and their change patterns during to low temperature ($\pm 11^{\circ}\text{C}$) storage of Skipjack tuna.

This study was held at Laboratory of Fish Processing and Technology Study Program Fisheries and Marine Science Faculty Diponegoro University and Laboratory of Inter University Center (Food and Nutrition) Gajah Mada University Yogyakarta. The study was carried out based on laboratory experimental method with explorative characteristic and descriptive statistic analysis. K-value determined by Ion exchange chromatography method that written by spectrophotometry. ORP was determined based Okouchi et al (1965) method with used electrometer (pH meter TPX 90I) which two electrode. They were platinum electrode for measuring ORP and glass electrode for measuring pH.

The final results showed that initial K-value measured in low temperature ($\pm 11^{\circ}\text{C}$) storage the initial K-value for Skipjack tuna is 21.90%. The K-value of Skipjack tuna decreased from 51.58% to 43.73%. The ORPs of Skipjack tuna at the initial refrigerator temperature was 0.22 volts. Skipjack tuna reached a negative ORP in the eighth day of storage. pH of Skipjack Tuna was below neutral pH (7). At refrigerator temperature, Skipjack tuna had initial pH of 5.8 and reach final pH of 6.42. The relation between K-value and ORP during storage at refrigerator temperature showed that ORP increased along with K-value and started decrease when K-value reached certain point.

Keywords : *Storage Temperature, K-value, ORP, Skipjack tuna (Katsuwonus pelamis).*

I. PENDAHULUAN

Kesegaran merupakan hal yang sangat penting dalam menentukan keseluruhan mutu produk perikanan. Bagi seorang produsen adalah penting untuk menjamin kesegaran produk mereka sesuai dengan harapan pembeli. Karena tingkatan mutu akan menjadi alasan bagi konsumen untuk membeli atau tidak.

Untuk menguji kesegaran ikan, saat ini telah digunakan berbagai metode baik metode fisik, kimia maupun sensory. Metode kimia dianggap sebagai metode yang lebih obyektif dibanding metode sensory yang bersifat subyektif. Nilai K (K-value) merupakan salah satu metode kimia untuk menentukan kesegaran ikan yang didasarkan pada degradasi nukleotida (Ehira S dan Uchiyama H, 1986). Sedangkan Oksidasi Reduksi Potential (ORP) merupakan salah satu metode fisiko kimia untuk pengujian kesegaran ikan yang berdasarkan pada sifat-sifat dielektrik pada ikan.

Pengujian mutu kesegaran dengan menggunakan K-value dan ORP masih jarang digunakan di Indonesia. Penelitian-penelitian yang berkaitan pun masih sangat terbatas. Selama ini penelitian mengenai K-value dan ORP banyak dilakukan oleh negara-negara sub tropis sehingga jenis-jenis ikan yang diamati adalah ikan-ikan

sub tropis. Sedangkan ikan-ikan tropis termasuk ikan-ikan yang berada di perairan Indonesia masih jarang diamati pola perubahan K-value dan ORP-nya. Oleh sebab itu perlu adanya penelitian mengenai K-value dan ORP pada ikan-ikan tropis.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai K value dan ORP pada Ikan Cakalang pada penyimpanan suhu rendah ($\pm 11^{\circ}\text{C}$) dalam refrigerator serta mengetahui bagaimana hubungan antara perubahan ORP dan K value pada ikan tersebut.

II. MATERI DAN METODE

Materi Penelitian

Ikan Cakalang (*Katsuwonus pelamis*) segar yang digunakan dalam penelitian ini berukuran panjang rata-rata 44,63 cm dan berat rata-rata 842,5 g. Ikan Cakalang tersebut diperoleh dari pasar Kobong Semarang setelah 24 jam pendaratan dengan penanganan ikan dimasukkan ke dalam box polyethylen, perbandingan es dan ikan 1 banding 3. Ikan Cakalang yang diperoleh berasal dari perairan daerah Jawa Timur yang tertangkap di sekitar Pulau Bawean oleh Nelayan Rembang dengan alat tangkap jaring insang.

Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah eksperimental laboratoris yang bersifat deskriptif eksploratif. Penentuan K-value menggunakan metode Ion Exchange Column Chromatografi yang dibaca dengan spektrofotometri. Oksidasi Reduksi

Potensial (ORP) diukur berdasarkan metode Okouchi *et al* (1965) dengan menggunakan elektrometer (pH meter TPX 90I) yang memiliki dua elektroda yaitu elektroda platinum untuk mengukur ORP dan elektroda glass untuk mengukur pH.

Analisa data statistik berupa deskriptif dengan menggunakan standar deviasi untuk mengetahui simpangan baku dari data yang diperoleh.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji organoleptik Ikan Cakalang (*Katsuwonus pelamis*)

Ikan Cakalang diperoleh dari pasar kobong Semarang setelah 24 jam pendaratan dengan penanganan ikan dimasukkan ke dalam box polyetilen penuh dengan es untuk menjaga kesegarannya. Perbandingan es dan ikan adalah 1:3. Tabel 1 berikut ini menunjukkan nilai organoleptik Ikan Cakalang segar.

Tabel 1. Nilai Organoleptik Ikan Cakalang Segar

| Ulangan | Mata | Insang | Lendir | Dag & prt | Bau | Konsist | Xi |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------|
| 1 | 7.60±0.52 | 8.20±0.79 | 8.60±0.84 | 8.00±0.67 | 8.00±0.67 | 8.40±0.52 | 8.13±0.35 |
| 2 | 7.60±0.52 | 7.40±0.70 | 8.50±0.53 | 7.70±0.67 | 7.70±0.67 | 8.00±0.47 | 7.82±0.39 |
| 3 | 7.40±0.52 | 7.80±0.79 | 8.40±0.52 | 7.40±0.84 | 7.90±0.74 | 7.90±0.74 | 7.80±0.37 |
| 4 | 7.50±0.52 | 8.60±0.52 | 8.00±0.82 | 7.70±0.57 | 7.90±0.48 | 7.70±0.42 | 7.90±0.38 |
| X | 7.53±0.10 | 8.00±0.52 | 8.38±0.26 | 7.70±0.24 | 7.88±0.13 | 8.00±0.299 | 7.91±0.15 |

Keterangan : Xi : rata-rata ke samping

X : rata-rata ke bawah

Tiap ulangan diuji oleh 10 panelis

± merupakan simpangan baku dari masing-masing pengukuran

Berdasarkan tabel 1 dan hasil perhitungan selang kepercayaan, diketahui bahwa mutu bahan baku (Ikan Cakalang) berdasarkan uji organoleptik masih layak dikonsumsi atau masih segar. Nilai rata-rata mutu organoleptik Ikan Cakalang 7,91 dengan selang kepercayaan $7,54 \leq \mu \leq 8,28$ dengan spesifikasi mata cerah, bola mata rata, kornea jernih dengan insang merah kurang cemerlang tanpa lendir ; lapisan lendir pada permukaan badan jernih, transparan, mengkilat belum ada perubahan warna; bau segar, bau rumput laut mulai hilang; dengan konsistensi padat, elastis bila ditekan dengan jari, sulit menyobek daging dari tulang belakang. Nilai tersebut sudah memenuhi nilai minimum ikan segar menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) yaitu lebih dari 7,0. (Dirjen Perikanan, 1995).

Analisa K-value

K-value merupakan metode pengukur kesegaran yang menunjukkan ratio antara Inosine dan Hipoksantine dan jumlah total ATP *related compound* (ATP ADP+AMP+IMP+Inosine+Hipoksantine) (Huss, 1988). K-value berbeda antar spesies dan dalam satu spesies bervariasi tergantung pada jenis kelamin, metode penangkapan, cara ikan tersebut mati dan perbedaan musim (Henehan *et al.*, 1997).

Pada penelitian ini K-value Ikan Cakalang diukur selama 10 hari penyimpanan dengan interval pengukuran setiap hari sekali. Perubahan nilai K-value selama 10 hari penyimpanan dapat dilihat pada tabel 3.

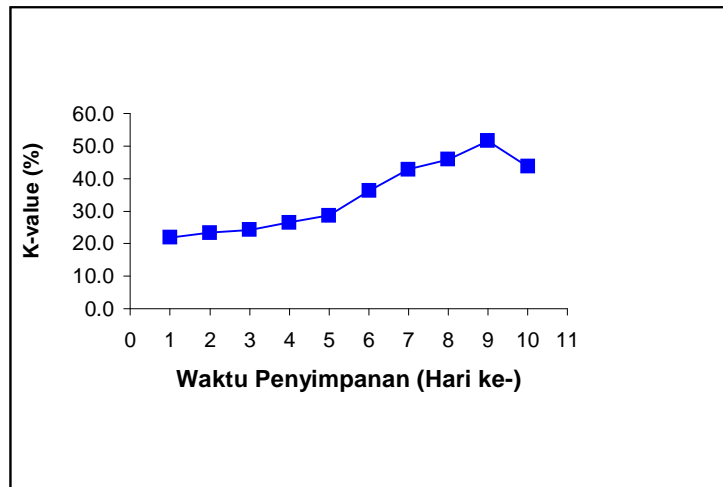
Tabel 3. K-value Ikan Cakalang yang Disimpan pada Penyimpanan suhu rendah ($11 \pm 2^{\circ}\text{C}$)

| Lama penyimpanan (Hari ke-) | K-value Cakalang (%) |
|-----------------------------|----------------------|
| 1 | 21.90 \pm 1.63 |
| 2 | 23.42 \pm 0.51 |
| 3 | 24.24 \pm 0.64 |
| 4 | 26.54 \pm 1.68 |
| 5 | 28.64 \pm 0.94 |
| 6 | 36.23 \pm 0.66 |
| 7 | 42.79 \pm 1.94 |
| 8 | 45.85 \pm 1.32 |
| 9 | 51.58 \pm 0.66 |
| 10 | 43.73 \pm 1.90 |

Keterangan : \pm merupakan simpangan baku dari 4 ulangan

Dari pengamatan awal K-value menunjukkan bahwa Ikan Cakalang masih segar namun tidak layak untuk dikonsumsi mentah atau sebagai bahan baku “sushi” di Jepang. Sebagaimana dinyatakan Ehira dan Uchiyama (1986) K-value ikan Tuna yang sangat baik untuk kualitas sushi adalah 18,7 \pm 4 %. K-value Ikan Cakalang tersebut menunjukkan K-value ikan dipusat pendaratan. Seperti dilaporkan Murniyati dan Sunarman (2000) rata-rata daging ikan di pusat pendaratan mempunyai K-value \pm 22,5. Nilai awal K-value Ikan Cakalang 21.90 \pm 1,63 % mengalami kenaikan perlahan sampai hari ke-5 dengan kenaikan antara 0,82-2,3 %. Pada hari ke-6 kenaikan

paling besar yaitu 7,59 % dan hari ke-7 naik 6,56 % kemudian naik lebih perlahan pada hari ke-8 dan 9. Pada saat K-value ikan mencapai 51.58 % sudah mulai terjadi kebusukan, nilai tersebut mendekati nilai K-value *Yellowtail* dengan perlakuan suhu penyimpanan $2 \pm 2^{\circ}\text{C}$ yang disimpan selama 18 hari mencapai K-value 50 % menunjukkan adanya pembusukan dengan disertai bau tengik (Murata and Sakaguchi, 1986). Pada hari ke-10, K-value Ikan Cakalang turun dengan penurunan 7,85%. Grafik perubahan K-value Ikan Cakalang yang disimpan pada suhu rendah dapat dilihat pada gambar 1.



Gambar 1. Grafik Perubahan K-value Ikan Cakalang pada Penyimpanan suhu rendah ($11\pm 2^{\circ}\text{C}$)

Kenaikan K-value diakibatkan semakin banyaknya degradasi ATP. Degradasi ATP tersebut diawali dengan adanya pembentukan asam laktat hasil glikolisis anaerob yang menurunkan pH dan mengakibatkan enzim-enzim ATP-ase dan kreatinfosforilase menjadi aktif menyerang ATP dan kreatin fosfat yang menyebabkan degradasi kedua zat tersebut (Hadiwiyoto, 1993). K-value Ikan Cakalang pada akhir pengukuran mengalami penurunan. Penurunan K-value kemungkinan disebabkan oleh terjadinya penguraian lebih lanjut dari Hipoxanthine. Martin *et al.* (1978) menyatakan bahwa degradasi nukleotida dalam daging ikan melalui deret reaksi $\text{ATP} \rightarrow \text{ADP} \rightarrow \text{AMP} \rightarrow \text{IMP} \rightarrow \text{Inosine} \rightarrow \text{Hipoxanthine} \rightarrow \text{Xanthine} \rightarrow \text{Uric acid}$. Degradasi Hipoxanthine menjadi Xanthine dan Uric acid ini yang diduga menurunkan nilai K-value. Karena dengan terdegradasinya Hipoxanthine maka nilai Hipoxanthine dan Inosine menjadi berkurang dan akhirnya K-value menurun. Reddy *et al.* (1997) dalam Ozogul *et al.* (1999) juga menemukan bahwa K-value filet ikan *cat fish* yang disimpan dengan *Modification Atmosphere Packaging* (MAP) pada suhu 4°C , 8°C , 16°C mempunyai pola perubahan naik perlahan selama awal dan pertengahan penyimpanan kemudian turun pada akhir penyimpanan dengan ditandai kebusukan yang lebih lanjut.

Analisa Oxidation Reduction Potential (ORP)

Ikan Cakalang yang disimpan pada suhu rendah mengalami perubahan ORP secara perlahan. Perubahan nilai ORP Ikan Cakalang selama 10 hari penyimpanan pada suhu rendah dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Nilai ORP Ikan Cakalang pada Penyimpanan Suhu Rendah ($11 \pm 2^{\circ}\text{C}$)

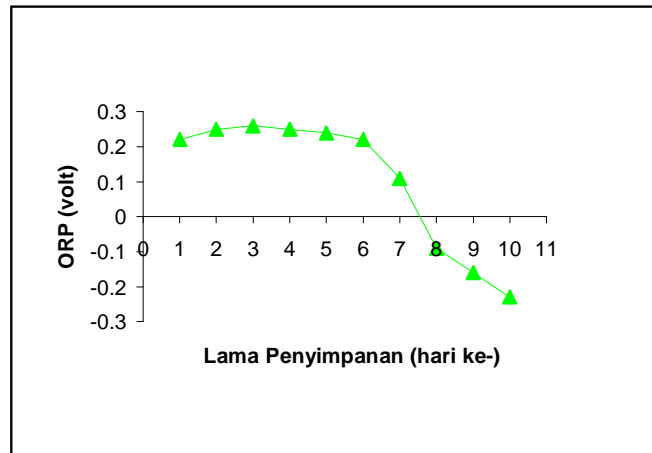
| Lama penyimpanan (Hari ke-) | Nilai ORP Cakalang (Volt) |
|-----------------------------|---------------------------|
| 1 | 0.22 ± 0.010 |
| 2 | 0.25 ± 0.005 |
| 3 | 0.26 ± 0.023 |
| 4 | 0.25 ± 0.010 |
| 5 | 0.24 ± 0.015 |
| 6 | 0.22 ± 0.009 |
| 7 | 0.11 ± 0.031 |
| 8 | -0.09 ± 0.013 |
| 9 | -0.16 ± 0.061 |
| 10 | -0.23 ± 0.090 |

Keterangan : \pm merupakan simpangan baku dari 4 ulangan

Pada awal pengamatan nilai ORP Ikan Cakalang pada penyimpanan suhu rendah $0,22 \pm 0,01$ Volt, dimana saat ini ikan masih segar, sebagaimana dinyatakan Huss dan Larsen (1977) bahwa ikan yang sangat segar mempunyai kisaran ORP 0,1-0,3 Volt. ORP naik perlahan sampai hari ke-3 dengan kenaikan berkisar 0,01-0,03 Volt. Pada hari ke-4 sampai ke-6 turun perlahan dengan penurunan 0,01-0,02 Volt. Pada hari ke-7 turun lebih cepat menjadi 0,11 Volt. Pada hari ke-8 penurunan paling tinggi dibanding yang lain yaitu 0,2 Volt kemudian turun teratur sampai hari ke-10 dengan penurunan 0,07 Volt dengan nilai ORP telah mencapai negatif. Pada saat ini ikan telah mengalami kebusukan. Hasil

penelitian Huss dan Larsen (1977) membuktikan pada saat ikan mencapai nilai ORP $-0,375$ Volt sudah tidak layak dikonsumsi (busuk). Pada hari ke-8 turun perlahan yaitu 0,03 Volt kemudian hari ke-9 dan 10 naik perlahan antara 0,4-0,5 Volt dengan nilai ORP tetap negatif. Dalam penelitiannya yang lain Huss dan Larsen (1980) menunjukkan ikan Cod asap pada suhu 15°C pada hari ke-5 mencapai ORP $-0,200$ Volt sampai $-0,275$ Volt menunjukkan produk secara organoleptik telah membusuk.

Perubahan nilai ORP Ikan Cakalang yang disimpan pada suhu rendah dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2. Grafik Perubahan Nilai ORP Ikan Cakalang yang Disimpan pada Suhu Rendah ($11\pm 2^{\circ}\text{C}$)

Nilai ORP pada Ikan Cakalang yang disimpan pada suhu rendah mempunyai pola perubahan kenaikan, hal ini berarti terdapat proses oksidasi yang lebih tinggi dibanding reduksi. Agustini (2000) menyatakan bahwa kenaikan ORP pada tahap awal deteriorasi sebagian berhubungan dengan keberadaan pasangan redoks atau suatu senyawa seperti NAD^+ , NADH , NADP^+ , NADPH , Fe^{3+} yang dapat bertindak sebagai zat pereduksi atau pengoksidasi. Shimizu *et al.* (1969), Shimizu *et al.* (1976) dalam Agustini (2000) melaporkan bahwa terdapat NAD (H) dan NADP (H) dengan jumlah yang cukup besar dalam jaringan daging ikan dan koenzim ini ditemukan keberadaannya hanya dalam bentuk reduksi pada kebanyakan ikan berbeda dengan mamalia. Selanjutnya Shimizu *et al.* (1969) dalam Agustini (2000) menyatakan bahwa selama penyimpanan meskipun konsentrasi zat ini

berubah cukup besar dilaporkan bahwa bentuk reduksi dari NAD (NADH) ikan mas yang disimpan selama 8 hari dengan suhu 5°C pada awalnya naik dari $80\text{mg}/100\text{g}$ kemudian menurun menjadi $22\text{mg}/100\text{g}$. Kejadian tersebut memberi anggapan bahwa kenaikan ORP pada tahap awal disebabkan karena kenaikan NADH pada sampel ikan.

Meskipun disimpan pada suhu rendah pertumbuhan bakteri tetap berjalan khususnya bakteri psikrofil. Hadiwiyoto (1993) menyatakan bahwa bakteri psikrofil tumbuh dengan baik pada suhu $15^{\circ}\text{--}20^{\circ}\text{C}$. Suhu rendah tidak mematikan bakteri tetapi lebih cenderung menghambat aktivitasnya. Bakteri psikrofil yang banyak terdapat pada ikan yaitu *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Flavobacterium*. Pada saat Ikan Cakalang mencapai ORP negatif, bertepatan dengan itu ikan sudah tidak layak dikonsumsi. Huss (1988)

menyatakan pada saat ORP negatif ikan secara organoleptik tidak dapat diterima dan telah mengalami pembusukan yang lebih jauh lagi.

Pola Hubungan K-Value dan ORP

Pada penyimpanan suhu rendah ($\pm 11^{\circ}\text{C}$) nampak nilai ORP mengalami kenaikan kemudian turun sementara nilai K-value naik terus. Ikan Cakalang mencapai nilai maksimum ORP 0,26 Volt dengan K-value sebesar 23,96%. Pola hubungan ORP dan K-value Ikan Cakalang hampir sama dengan pola hubungan K-value dan ORP ikan *Yellowfin Tuna* dan ikan *Yellow Tail* yang disimpan pada suhu 0°C , 5°C dan 10°C yang hasilnya menunjukkan ORP ikan *Yellowfin Tuna* naik mencapai maksimal 0,37 Volt seiring dengan kenaikan K-value kemudian turun disaat K-value mencapai 20-25% sementara ikan *Yellow Tail* menunjukkan pola yang sama dimana ORP naik seiring dengan kenaikan K-value dan turun ketika K-value mencapai 30-35% (Agustini, 2000). Perbedaan pola hubungan K-value dan ORP pada Ikan Cakalang dengan penelitian yang sudah ada menunjukkan ORP awal dari ikan yang mana tidak dapat diamati. Hal tersebut mungkin disebabkan oleh sampel Ikan Cakalang yang diamati diperoleh dari pasar ikan dan telah mengalami penanganan berupa pendinginan 12-24 jam.

NILAI pH

Nilai pH ikan Cakalang yang disimpan dalam refrigerator diukur setiap satu hari sekali selama 10 hari. Perubahan nilai pH ikan Cakalang selama penyimpanan 10 hari di refrigerator dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 6. Nilai pH Ikan Cakalang selama 10 hari pada Suhu Refrigerator ($\pm 11^{\circ}\text{C}$)

| Waktu (Hari ke-) | Nilai pH Cakalang |
|------------------|-------------------|
| 1 | 5.83 ± 0.097 |
| 2 | 5.86 ± 0.068 |
| 3 | 5.90 ± 0.081 |
| 4 | 5.90 ± 0.111 |
| 5 | 5.96 ± 0.073 |
| 6 | 6.07 ± 0.044 |
| 7 | 5.92 ± 0.092 |
| 8 | 6.15 ± 0.092 |
| 9 | 6.08 ± 0.126 |
| 10 | 6.42 ± 0.171 |

Keterangan : \pm merupakan simpangan baku dari 4 ulangan

Dari nilai pH tersebut menunjukkan bahwa ikan Cakalang baik pada penyimpanan temperatur ruang maupun penyimpanan refrigerator berada pada kondisi asam. Hadiwiyoto (1993) menjelaskan bahwa hal itu disebabkan karena terbentuknya asam laktat pada

proses glikolisis yang menyebabkan keasaman daging ikan naik (pH turun).

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

K-value Ikan Cakalang cenderung naik selama penyimpanan di pada suhu rendah ($\pm 11^{\circ}\text{C}$). Pada akhir pengukuran K-value mengalami penurunan yang diakibatkan oleh degradasi lebih lanjut dari hipoxanthine. Nilai Oksidasi Reduksi Potensial (ORP) Ikan Cakalang selama penyimpanan pada suhu rendah, mempunyai pola naik kemudian turun dan mencapai nilai negatif pada akhir pengukuran. Nilai ORP negatif menandakan ikan sudah tidak layak dikonsumsi. K-value berbanding terbalik dengan nilai ORP selama penyimpanan dimana K-value cenderung naik sementara ORP cenderung menurun hingga mencapai negatif pada akhir penyimpanan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustini, Tri. W. 2000. Quality Evaluation and A New Approach to Freshness Assesment of Some Marine Fishes. Tokyo University of Fisheries. Japan. (Disertasi S3).
- Agustini, Tri. W., Suzuki, T., Hagiwara, T., Ishizaki, S., Tanaka, M., Takai, R. 2000. Evaluation of Fish Freshness Deterioration of Yellowfin Tuna (*Thunnus albacares*) Based on Kinetic Study. The JSPS – DGHE International Symposium on Fisheries Science in Tropical Area, Vol. 10 ISBN : 4-925135-10-4.
- Direktorat Jenderal Perikanan. 1995. Standar Nasional Indonesia. Kumpulan Standa Metode Pengujian Mutu Hasil Perikanan. Departemen Pertanian. Jakarta.
- Ehira, S and Uchiyama, H. 1986. Determination of Fish Freshness Using The K- Value and Commentsion Some Other Biochemical Changes in Relation to Freshness in Sea Food Quality Determination. Elseivier Science Publisher B,V. Amsterdam, Netherland.
- Hadiwiyoto, S. 1993. Teknologi Pengolahan Hasil Perikanan. Liberty. Yogyakarta.
- Henehan, G., Proctor, M., Ghannan, A., Wills, C., McLoughlin, JV. 1997. Adenine Nucleotides and Their Metabolites as Determinant of Fish Freshness in Method to Determine The Freshness of Fish in Research and Industry.. International Instite of Refrigeration. France.
- Huss, H.H. 1988. Fresh Fish Quality and Quality Changes. Danish International Development Agency. Roma
- Huss, HH and Larsen, A. 1977. The Post Mortem Changes in The Oxidation Reduction Potential of Fish Muscle and Internal Organ. Technological Laboratory, Ministry of Fisheries, Technical University. Denmark.
- Murniyati dan Sunarman. 2000. Pendinginan, Pembekuan dan Pengawetan Ikan. Kanisius. Yogyakarta.

- Murata, M. and Sakaguchi, M. 1986. Storage Yellowtail (*Seriola quinqueradiata*) white and Dark Muscle in Ice : Changes Content of Adenine Nucleotides and Related Compounds, Jurnal of Food Science, 51 (2). Institute of Food Technologist. USa
- Martin, Roy E., Grey Rodney J.H., Pierson Merle D. 1978. Quality Assesment of Fresh Fish and The Role of the Naturally Occuring Microflora. Journal of Food Technology, 32 (5-8) : 190.
- Ozogul, F., Taylor,K., D.A, Quantick, Peter, C., Ozogul,Y. 2000. A Rapid HPLC Determination of ATP Related Compounds and Its Application to Herring Stored under Atmosphere in International Journal of Food Science No.35. University of Licolnshire and Humberside, Faculty Social and Life Science, Food Research Center. Grimsby, UK.